第７講

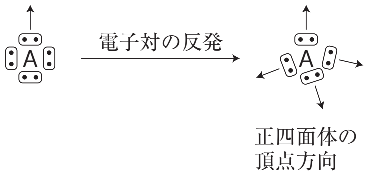
4　分子結晶

共有結合（または配位結合）によってできた分子が分子間力によって集まったのが分子結晶である。共有結合とは違い，方向性がないため，最密構造になりやすい。ただし，氷のように水素結合を形成する結晶は，方向性をもつため，配位数が比較的小さい隙き間の多い構造になる。

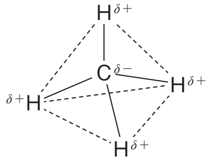
⑴　分子の構造と極性

原子の周りに，何対の電子対があるかで決まる（このとき，二重結合や三重結合もそれぞれ一対と考える）。それぞれの電子対は反発が最小になるように配置される。
また，分子全体で電荷の偏りを生じるとき，その分子を極性分子といい，分子全体で電荷の偏りを持たないとき，その分子を無極性分子という。

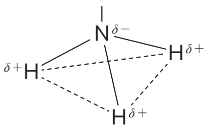
・4対のとき（単結合×4）→正四面体



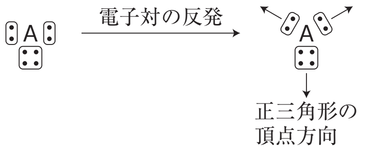
例　正四面体（無極性分子）



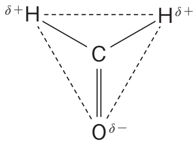
三角すい（極性分子）



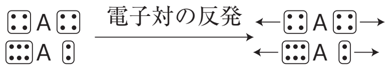
・3対のとき（単結合×2＋二重結合×1）→正三角形



例　（極性分子）



・2対のとき（三重結合×1＋単結合×1，または二重結合×2）→直線



例　（無極性分子）

$\overset{\delta-}{O}=\overset{\delta+}{C}=\overset{\delta-}{O}$

（無極性分子）

$\overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{C}\equiv\overset{\delta-}{C}-\overset{\delta+}{H}$

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

⑵　分子間力

①ファンデルワールス力

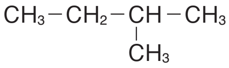
分子を構成する原子は，原子核を中心に電子が運動している。それにより，各瞬間をとってみると部分的に極性を生じている。この瞬間的な極性によるごく弱い引力をファンデルワールス力という。

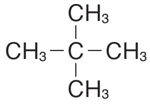
ファンデルワールス力は極性の原因である電子の数に比例する。電子の数と陽子の数は一致しており，陽子が増えると分子量も大きくなるため，ファンデルワールス力は分子量に比例する。

また，分子量がほぼ等しい分子では，表面積が大きいほどファンデルワールス力は強くなる。球体に近づくほど表面積は小さくなるため，球体に近い分子はファンデルワールス力が弱く，融点沸点が低い。

例題　沸点の高い順に並べよ。

1．$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

2．

3．

解：1＞2＞3

②極性引力

分子全体で極性をもつ極性分子は，その極性により分子間に引力を生じている。これが極性引力である。

・水素結合

電気陰性度が大きく，非共有電子対をもつF，O，N原子がH原子を挟み込んだ形で結合したとき，水素結合とよぶ。一般にX−H…Yと表され，XとYは同じ原子でも異なる原子でもよい。

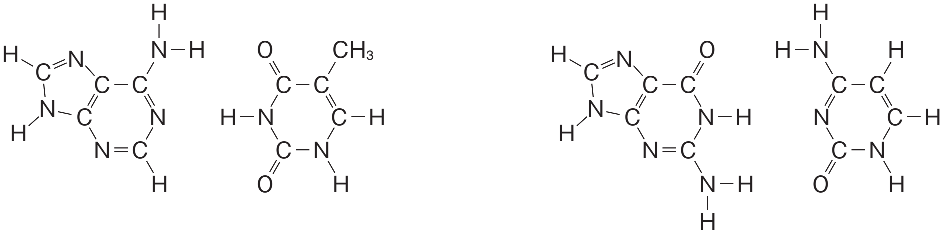
水素結合はファンデルワールス力の約10倍強いが，それでも共有結合の約10分の１の強さである。

＊全ての結合を比較すると

共有結合＞イオン結合＞金属結合≫水素結合＞ファンデルワールス力

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

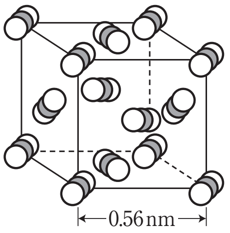
例題　次の図の中の水素結合の部分を〰〰〰でつなげ。



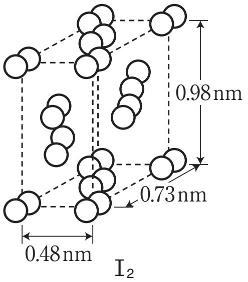
アデニン　チミン　グアニン　シトシン

(3) 分子結晶

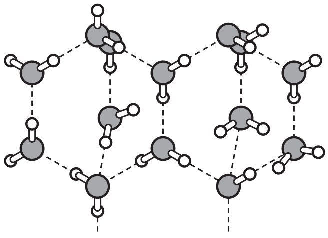
分子が分子間力により集まった結晶が分子結晶である。結晶構造は多様であるが，無極性分子の結晶は面心立方格子になることが多い。



CO_2
（　）



I_2
（　）



H_2O（氷）
（　）
水素結合により正四面体構造となり，すき間が多い。

(4) 性質

・融点が低く，昇華性を持つものも多い

・やわらかい

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

5　まとめ

	金属結晶	イオン結晶	共有結合結晶	分子結晶
構成元素	金属	金属＋非金属	非金属(14族)	非金属
構成粒子	陽イオン＋自由電子	陽イオン＋陰イオン	原子	分子
結合の種類	金属結合	イオン結合	共有結合	分子内：共有結合 分子間：分子間力
化学式	組成式	組成式	組成式	分子式
融点	低い～高い	高い	非常に高い	低い
電気伝導性	あり	固体はなし 融解，溶解させるとあり	なし 黒鉛はあり	なし
機械的性質	延性・展性あり	硬いがもろい	非常に硬い	やわらかい

☆結合をきちんと理解し，単位格子の粒子数，密度，粒子半径，充填率などの基礎事項を徹底しておこう。そうすれば，見慣れないものが出てもきちんと対応できるはずである。

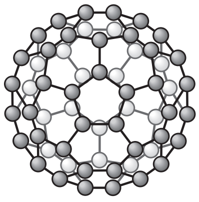
ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第7講　演習問題

8　次の文章を読み，問1および問2に答えよ。

炭素にはいくつかの(　ア　)が存在する。例えば，二次元結晶となる炭素の(　ア　)としてはグラフェンがある。グラフェンは正六角形の格子が原子1個分の厚さで平面状に繋がった二次元結晶であり，炭素分子が蜂(はち)の巣(す)状に並んでいる。グラフェンは炭素が持つ価電子のうち(　イ　)個を使って共有結合しており，残る価電子は結晶表面を(　ウ　)できるため，電気伝導性を(　エ　)。2010年にガイムとノボセロフはグラフェンの研究によってノーベル物理学賞を受賞した。グラフェンが層状に重なったものがグラファイト(黒鉛)である。層と層の間は弱い(　オ　)で結合している。そのため，グラファイトは層状にはがれやすいという性質を持つ。

グラフェンに関連した(　ア　)として，グラフェンが筒状になったような構造を持つカーボンナノチューブや，炭素原子60個からなるサッカーボール状の構造を持つC_{60}フラーレンなどがある。1996年にはC_{60}フラーレンの発見によりノーベル化学賞がクロトー，カール，スモーリーに与えられている。C_{60}フラーレンは結晶構造を取る場合がある。このとき，C_{60}フラーレン分子を一つの粒子と考えると，立方体の各頂点および各面の中心にC_{60}フラーレン分子が位置する。



問1　文章中の(　ア　)～(　オ　)に適切な語句または数字を記せ。

問2　下線部について，(1)～(4)に答えよ。

(1)　このような結晶格子を何と呼ぶか記せ。

(2)　1個のC_{60}フラーレン分子に隣接している他のC_{60}フラーレン分子の数を記せ。ただし，C_{60}フラーレン分子は球形で，隣接しているC_{60}フラーレン分子は互いに接しているものとする。

(3)　単位格子あたりの炭素原子数を記せ。

(4)　単位格子の一辺の長さを1.41×10^{-7}cmとするとき，C_{60}フラーレン結晶の密度(g/cm^3)を求め，有効数字2桁で記せ。ただし，アボガドロ定数N_Aは，6.02×10^{23}(/mol)とする。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第７講　確認テスト

1　次の文中，(A)，(B)，(C)にもっとも適合するものを，それぞれＡ群，Ｂ群，Ｃ群の㋐～㋓から選べ。ただし，アボガドロ定数は，6.0×10^{23}(/mol)，原子量はＨ＝1.0，Ｃ＝12，Ｏ＝16 を用いよ。

　ドライアイスは，二酸化炭素の分子が(A)により規則正しく配列した(B)である。この結晶格子は面心立方格子で，格子の一辺は0.57 nm であるので，その密度は(C) g/cm^3 である。

Ａ群：	㋐	イオン結合	㋑	共有結合	㋒	配位結合	㋓	ファンデルワールス力
Ｂ群：	㋐	イオン結晶	㋑	共有結合結晶	㋒	非晶質	㋓	分子結晶
Ｃ群：	㋐	0.95	㋑	1.0	㋒	1.6	㋓	1.9

2

　炭素の単体に炭素原子が60個，球状に配置されたC_{60}がある。この結晶ではC_{60}分子が最密に充填されている。C_{60}を球とみなし，中心間の距離を1.0 nm とすると，この結晶の密度 (g/cm^3) はいくらか。最も近い値を次から選べ。

㋐　0.6 g/cm^3　　㋑　1.6 g/cm^3　　㋒　2.6 g/cm^3　　㋓　3.6 g/cm^3

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第７講　演習問題

8

問１　ア　同素体　イ　3　ウ　移動　エ　もつ　オ　ファンデルワールス力

問２　(1)　面心立方格子　(2)　12　(3)　240　(4)　1.70 g/cm^3

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第７講　確認テスト

1　A　㋓　B　㋓　C　㋒

【解説】

二酸化炭素は非金属元素のみからなり，分子になるため，分子間にファンデルワールス力がはたらき，分子結晶をつくっている。

面心立方格子であるため，単位格子中の分子数は4であることから，密度は

$$\frac{\dfrac{44}{6.0\times10^{23}}\times4}{(0.57\times10^{-7})^3}=\boxed{1.57}\,(\mathrm{g/cm^3})$$

2　㋑

【解説】

C_{60}が最密構造であるので，密度を面心立方格子で考える（六方最密構造で考えても同じである。実際は面心立方格子である）。中心間距離は立方体を構成している正方形の対角線の半分であるため，一辺の長さをa(nm)とすると

$$a\times\frac{\sqrt{2}}{2}=1$$

$$a=\sqrt{2}$$

面心立方格子の粒子数は4であるため，密度は

$$\frac{\dfrac{12\times60}{6.0\times10^{23}}\times4}{(\sqrt{2}\times10^{-7})^3}=\boxed{1.69}\,(\mathrm{g/cm^3})$$

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。